

THERMOGRAPHIE IN DER HANDCHIRURGIE

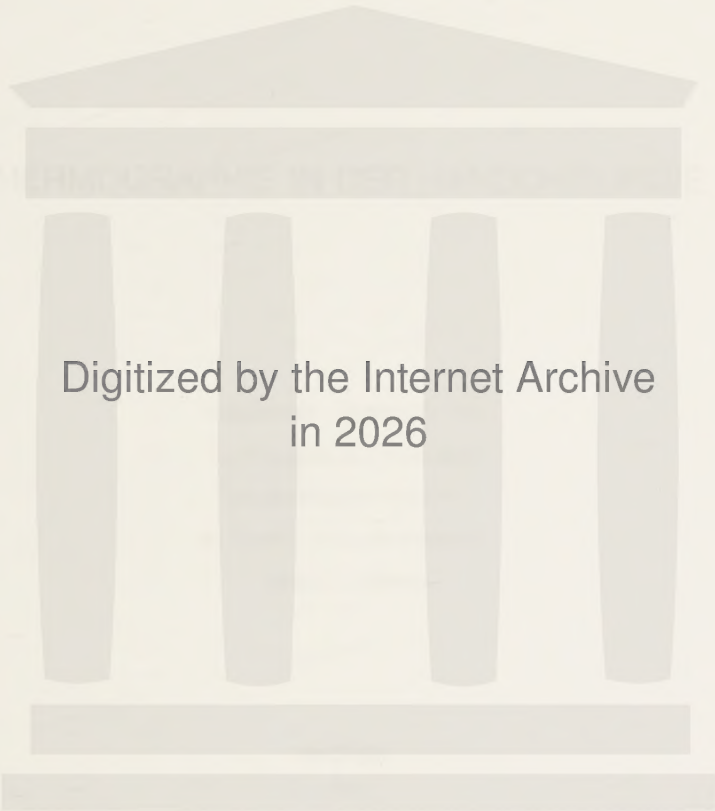
von

Simona Vogtmann, geb. Cvijetić

aus

Zagreb

1980 № 425



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546212_0013

Aus der Chirurgischen Klinik und Poliklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Prof. Dr. med. F. P. Gall

THERMOGRAPHIE IN DER HANDCHIRURGIE

INAUGURAL - DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt
von
Simona Vogtmann, geb. Cvijetić
aus
Zagreb

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. W. Kersten
Referent: Priv.-Doz. Dr. L. v. Rauffer
Korreferent: Prof. Dr. F.P. Gall

Tag der mündlichen Prüfung: 21.07.1980

INHALTSVERZEICHNIS

Seitenzahl

ABSCHNITT 1.	EINLEITUNG	1
1.1	Die Körpertemperatur des Menschen und ihre Regulation	1
1.2	Bestimmung der Hauttemperatur in der Geschichte der Medizin	1
ABSCHNITT 2.	DIE THERMOGRAPHIE UND IHRE ANWENDUNG IN DER MEDIZIN	4
2.1	Das Prinzip der Thermographie	4
2.2	Die Beschreibung der Bofors-IR-Kamera	4
2.3	Diagnostische Möglichkeiten der Thermographie	6
2.4	Bisherige Anwendungsgebiete der Thermographie	6
ABSCHNITT 3.	PRAKTISCHE DURCHFÜHRUNG DER UNTERSUCHUNGEN	8
3.1	Festlegung des Untersuchungsablaufes	8
3.2	Untersuchungsbedingungen	10
3.3	Untersuchungsgruppe	10
ABSCHNITT 4.	THERMOGRAMM DER GESUNDEN HÄNDE	12
ABSCHNITT 5.	DAS THERMOGRAMM DER KRANKEN HÄNDE	14
5.1	SUDECK'sche Dystrophie	14
5.1.1	Das Krankheitsbild	14
5.1.2	Thermographische Ergebnisse	14
5.2	Entzündungen der Hand	17
5.3	Nervenschädigungen	21
5.3.1	Verletzungen	21
5.3.2	Kompressionsneuropathien - Carpaltunnelsyndrom	24
5.4	Tumoren	24
5.5	Sehndendurchtrennungen	26
5.6	Replantationen	26
5.7	Hautlappen	29
ABSCHNITT 6.	DISKUSSION	31
ABSCHNITT 7.	ZUSAMMENFASSUNG	36
	Literaturverzeichnis	

1. EINLEITUNG

1.1 Die Körpertemperatur des Menschen und ihre Regulation

Die Temperatur des Körperinneren wird beim Menschen innerhalb gewisser Grenzen auf einem konstanten Niveau gehalten. Dieses ist das Resultat des Zusammenwirkens der Temperaturregelungszentren im Hypothalamus und peripher Kälte- und Wärmerezeptoren der äußeren Haut, wobei die ersteren als übergeordnete Fühler und Regler wirken. Die letzteren reagieren auf äußere thermische Störungen und versuchen sie auszuschalten, bevor es zur Änderung der Körperkerntemperatur kommt.

Unter normalen Bedingungen besteht ein Gleichgewicht zwischen Wärmebildung (innere Organe und Skelettmuskulatur) und Wärmeabgabe (Hautgefäße und Schweißdrüsen).

1.2 Bestimmung der Hauttemperatur in der Geschichte der Medizin

Die Körpertemperatur wurde schon immer als wichtiger Maßstab für den Gesundheitszustand des Patienten betrachtet. Aus Mangel an objektiven Meßmethoden und technischen Hilfsmitteln bedienten sich die Ärzte ihrer Hand als Temperaturmeßinstrument. Die Hand ist aber relativ unempfindlich und reagiert erst auf eine Differenz von mindestens $0,5^{\circ}\text{C}$. Sie ist zudem durch andere Faktoren störbar.

Die Ärzte der griechischen Antike hatten eine Methode entwickelt, um die Hautareale höherer Temperatur festzustellen. Sie trugen dünne Schichten nasser Erde sowohl auf die vermutlich kranken als auch die korrespondierenden Körperteile des Patienten auf. Anschließend beobachteten sie, welche Teile am schnellsten trocken wurden.

Obwohl GALILEI im 16. Jahrhundert das erste Thermoskop konstruierte, war dieses für medizinische Zwecke, weil nicht standardisiert, ohne Skala und sehr unhandlich, nicht zu gebrauchen. Erst in der Mitte des 19. Jahrhunderts stand der Medizin das erste Thermometer zur Verfügung. Das Thermometer mißt die Körperkerntemperatur. Viele Krankheiten, die mit der lokalen Änderung der Hauttemperatur einhergehen, können jedoch nicht auf diese Weise erfaßt werden.



Abbildung 1.1

GALILEI's Thermoskop (1592-1597)

(Aus: Medical thermography, theory and clinical Applications, 1972)

Der Entdeckung der infraroten Strahlen um 1800 durch Sir William HERSCHEL, und der Feststellung, daß jeder Körper, der wärmer als $- 273^{\circ}$ C ist, infrarote Strahlen emittiert, folgte die Entwicklung fotografischer Verfahren, die die Abbildung von Infrarot-Emissionen ermöglichen.

Im zweiten Weltkrieg wurde die Wichtigkeit der Infrarot-Fotografie für militärische Zwecke voll erkannt. Diese Erfahrungen machte sich die Medizin zu Nutze. So wurde 1954 - 55 die erste Infra-Rot-Kamera in Zusammenarbeit mit Ingenieuren des US. Militärs entwickelt. Seit der ersten Anwendung der Infrarot-Kamera bis heute, hat die Technik auf diesem Gebiet sehr große Fortschritte gemacht. Das Interesse in der Medizin steigt auch ständig an, aber es fehlt noch sehr viel an Systematik und Erfahrung zur exakten Interpretation der Aufnahmen.

2. DIE THERMOGRAPHIE UND IHRE ANWENDUNG IN DER MEDIZIN

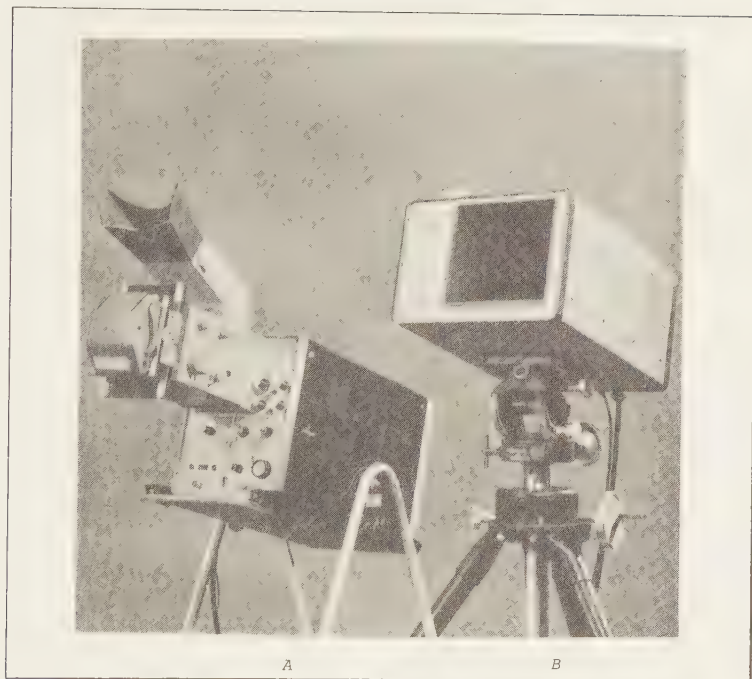
2.1 Das Prinzip der Thermographie

Nach der Studie von J.D. HARDY, 1954 in Amerika veröffentlicht, verhält sich die menschliche Haut, unabhängig von der Hautfarbe, wie ein "schwarzer Körper" im Bereich der IR-Strahlen. Fast alle anfallenden Strahlen werden absorbiert und beinahe ebenso vollständig abgestrahlt. Die Strahlenleistung ist nach dem Stephan Boltzmann'schen Gesetz von der Temperatur des Körpers abhängig [$W = \epsilon \cdot \delta \cdot T^4$ (Watt/cm); δ = Naturkonstante, ϵ = Emissionsfaktor der Oberfläche, bei schwarzem Körper = 1].

Die Thermographiegeräte empfangen die abgestrahlte IR-Leistung der Haut. Ein System beweglicher Spiegel führt die Strahlen auf einen Detektor, dessen elektrische Leitfähigkeit sich ändert, je nach der auf ihn einwirkenden Strahlenintensität. Die elektrischen Signale vom Detektor bauen entweder auf dem Film oder auf dem Bildschirm ein Schwarz-Weiß-Bild auf. Dabei entstehen verschiedene Grautöne, entsprechend der Temperaturverteilung des zu untersuchenden Objektes. Weiß bedeutet heiß, schwarz kalt.

2.2 Die Beschreibung der Bofors -IR-Kamera

Für die Untersuchung wurde das Gerät der Firma A.B. Bofors benutzt. Es besteht aus Kameraeinheit und Sichtgerät. In der Kameraeinheit sind drei Systeme beweglicher Spiegel, die die IR-Strahlen auf den Detektor lenken. Der Detektor ist ein Indium-Antimonid-Kristall, empfindlich im Bereich von 1 - 5,5 μm . Dadurch wird zwar nur ein Teil der IR-Strahlen erfaßt, die die menschliche Haut emittiert, aber der Vorteil dieses Detektors gegenüber denen, die auf ein breites Wellenlängenspektrum reagieren, ist seine große Reaktionsgeschwindigkeit. Das im Detektor entstandene Bildsignal wird mit Synchronisierungsimpulsen zum Sichtgerät geführt.



A) Sichtgerät

(Aus: Thermography, Siemens AG., Erlangen)

B) Kameraeinheit

Die Abbildungsgeschwindigkeit beträgt 4 Bilder/sec.. Die Temperaturspanne, die das Gerät erfassen kann, erstreckt sich von -20°C bis $+150^{\circ}\text{C}$, dabei sind Temperaturdifferenzen von weniger als $0,2^{\circ}\text{C}$ registrierbar, im optimalen Bereich von 30°C (Die Temperatur des "schwarzen Körpers"). Mit dem Einschalten des "Thermal bandes" werden die Punkte gleicher Temperatur durch eine weiße Isotherme verbunden.

Auf diese Weise kann man direkt auf dem Bildschirm die Durchblutungsverhältnisse beurteilen und durch Anfertigen von Bildern mit der Polaroid-Kamera eine Dokumentation der Entwicklung des Krankheitsbildes vornehmen.

2.3 Diagnostische Möglichkeiten der Thermographie

Den menschlichen Körper kann man, hinsichtlich der Konstanthaltung der Temperatur, in zwei Einheiten teilen: Einen homoithermen Körperkern und die poikilotherme Körperschale. Da die Thermographie nur die Körperschale untersucht, kann hier kaum mit absoluten Temperaturen gearbeitet werden, vielmehr mit Temperaturdifferenzen an korrespondierenden Körperteilen. Gerade die Temperatur der Hand unterliegt großen Schwankungen. Die Durchblutung hängt sehr von der Umgebungstemperatur ab und bewegt sich zwischen 0,2 und 120 cm³/100 cm³ Gewebe und Minute. Hält man die Untersuchungsbedingungen konstant, ergeben sich keine Nachteile aus dieser Tatsache.

Die Möglichkeit der Thermographie, regionale Temperaturveränderungen zu registrieren, ist für viele Krankheiten, die mit umschriebener Durchblutungsveränderung einhergehen, von entscheidender Bedeutung. Eine Messung mit dem Fieberthermometer würde hier nichts nützen. Mit Hilfe der Aufnahmen wird das kontinuierliche Verfolgen der Entwicklung krankhafter Veränderungen, sowie die Einteilung in verschiedene Stadien ermöglicht.

2.4 Bisherige Anwendungsgebiete der Thermographie

Die Pionierarbeiten wurden auf dem Gebiet der Diagnostik der Brusttumoren durchgeführt. Dies ist bis heute das am besten erforschte und meist angewandte Untersuchungsfeld.

Außerdem werden Untersuchungen gemacht zur Diagnostik der tiefen Bein thrombosen, rheumatischen Krankheiten, cerebrovasculärer Krankheiten, vasculärer Kopfschmerzen, cardiovasculärer Veränderungen, einiger Hautkrankheiten etc.

In der plastischen Chirurgie und der Handchirurgie wurde bisher nicht viel Gebrauch von dieser Methode gemacht.

Das meiste Interesse galt der Untersuchung der Hautlappen: LLOYD WILLIAMS (1964), MLADIK et al. (1966), WALLACE (1967), PATTERSON, TEICH-ALASIA u. BERGER (1970), KOOB (1971), M. ABBES, F. DEMARD et. D. AUBANEL (1974).

Die allgemeinen Möglichkeiten der Anwendung in der Handchirurgie untersuchten bisher GROS et al. (1968), AARLS (1969), KOOB u. OSTENDORP (1971) sowie KOOB und SCHLEGEL (1971), HUBER (1975), alle mit relativ kleinen Patientengruppen für einzelne Krankheitsbilder.

3. PRAKTISCHE DURCHFÜHRUNG DER UNTERSUCHUNGEN

3.1 Festlegung des Untersuchungsablaufes

Schon nach kurzer Erfahrung mit den Thermogrammen der Hand zeigte sich, daß an der Handinnenfläche meist der Handteller das heißeste Areal war, die Fingerspitzen hingegen die kältesten Areale. Auf dem Handrücken zeichneten sich die oberflächlich verlaufenden Venen ab. Die Finger sind kaum kälter als die Haut über den Gefäßen.

So entschieden wir uns für folgende Einstellungen bei routinemäßigen Untersuchungen der Handinnenfläche:

- 1 Ein Übersichtsbild (schwarz-weiß)
 - a) normale Einstellung (schwarz = kalt, weiß = warm)
 - b) invertiertes Bild (meistens benutzt, schwarz = warm, weiß = kalt)
- 2 Handteller (erste Isotherme)
- 3 Fingerspitzen (zweite Isotherme)

Nicht routinemäßig, aber wenn es uns sinnvoll erschien, wurde der Handrücken nach dem selben Prinzip aufgenommen: Ein Übersichtsbild (schwarz-weiß) und zwei Isothermen, als erste die Handrückenvenen, als zweite das pathologische Areal.

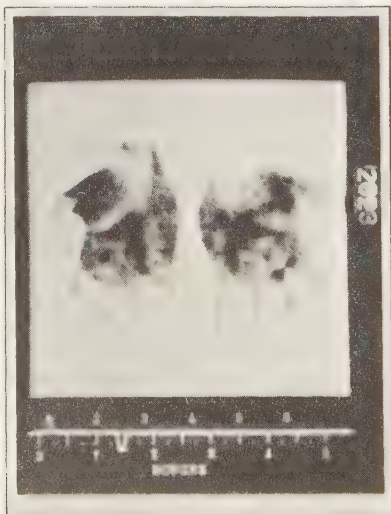


Abbildung 3.1
Übersichtsbild (invertiert
aufgenommen)

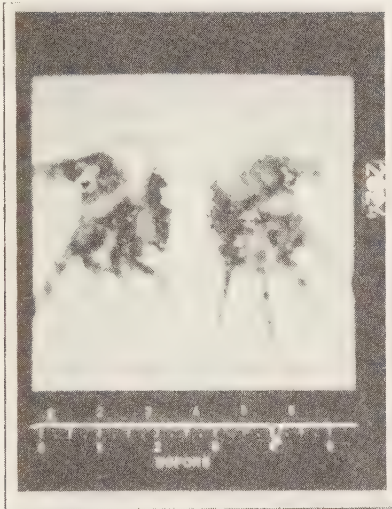


Abbildung 3.2
Handteller (erste Isotherme)

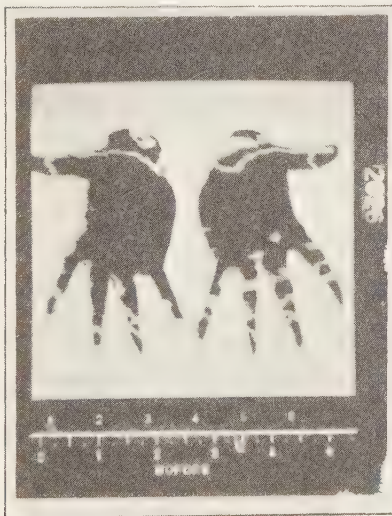


Abbildung 3.3
Fingerspitzen (zweite Isotherme)

3.2 Untersuchungsbedingungen

Über die praktische Durchführung der thermographischen Untersuchungen bestehen von verschiedenen Autoren recht unterschiedliche Meinungen, was die Höhe der Raumtemperatur und die Aufnahmetechnik selbst betrifft. Da in der Praxis sowohl unterschiedliche Geräte in Gebrauch sind, als auch verschiedene Körperteile untersucht werden, müssen optimale Bedingungen für jede Untersuchungsreihe geschaffen werden.

Die Durchblutung der Hände hängt sehr stark von der Umgebungstemperatur ab. Nach der Erfahrung von BARNES (1963) führt eine kühle Umgebungstemperatur zur Kontrastverstärkung der Aufnahmen. Für unsere Untersuchungen stand ein Raum im Tiefparterre zur Verfügung, der sich durch relativ konstante Temperatur um 18° C auszeichnete.

Die Patienten wurden aufgefordert, die Hände über ein quaderförmiges Schaumstoffkissen abzuwinkeln, so daß die Handinnenflächen zur Kamera zeigten. Die Finger wurden zur Vermeidung von Wärmebrücken so weit wie möglich gespreizt. Die Aufnahme selbst erfolgte direkt (Abstand Objektiv zur Hand ca. 1,2 m). Bei Patienten, denen diese Haltung der Hände nicht möglich war, mußte die Anordnung von Fall zu Fall verändert werden.

3.3 Untersuchungsgruppe

Für diese Arbeit wurden 51 Patienten aus der handchirurgischen Poliklinik untersucht. Diese teilten sich in sieben Krankheitsbilder. Da das Hauptinteresse der Arbeit den thermographischen Möglichkeiten der Diagnostik galt, habe ich mich weniger auf das einzelne Krankheitsbild, sondern vielmehr auf die Anwendungsmöglichkeiten orientiert.

Zuordnung der Patienten zu den Krankheitsbildern:

KRANKHEITSBILD	Anzahl d.Pat.
SUDECK'sche Dystrophie	9
Entzündungen	13
Nervenschädigungen a) Verletzungen	10
b) Kompressionsneuropathien	1
Tumoren	5
Sehnendurchtrennungen	8
Replantationen	3
Hautlappen	2

Außerdem wurden neun gesunde Probanden untersucht.

4. THERMOGRAMM DER GESUNDEN HÄNDE

Das Temperaturverhalten gesunder Hände zeigt große individuelle Schwankungen, die durch die physiologischen wie auch psychischen Faktoren beeinflusst werden. Außerdem hat die Hand eine wichtige Funktion bei der Wärmeregulation des Körpers. Dies alles verursacht große Temperaturdifferenzen innerhalb der physiologischen Grenzen und erschwert eine Aussage darüber, was noch als normal oder schon pathologisch anzusehen ist.

Bisher wurde das Normalthermogramm von GROS et al. (1968) anhand 28 thermographierter Patienten untersucht und noch wesentlich ausführlicher von A. GEERLING (1975), die sich in ihrer Dissertationsarbeit mit der genauen Beschreibung der Temperaturverteilung der Hände beschäftigte. Sie untersuchte 71 Probanden im Alter von 6 bis 79 Jahren.

So stellte sie keinen Unterschied des Wärmebildes der Handinnenfläche zu dem des Handrückens fest, wobei sich Daumenballen und Kleinfingerballen als konstante Wärmezonen herausstellten.

Die Beobachtung von GROS et al., daß die Fingerkuppen regelmäßig vermehrte Wärmeabstrahlung aufwiesen, konnte nicht bestätigt werden. Die linke Hand war bei 32,3 % der Probanden durchschnittlich um $0,5^{\circ}\text{C}$ bis 1°C wärmer als die rechte, bei 15,4 % fand man die rechte Hand um $0,5^{\circ}\text{C}$ bis 1°C wärmer. Bei 52,3 % aller Untersuchten bestand kein Temperaturunterschied zwischen den Händen.

Die Untersuchung des Handrückens führte in beiden Arbeiten zu den gleichen Ergebnissen. Beide Autoren berichteten von umschriebenen Wärmezonen über dem Daumensattelgelenk und dem ersten Mittelhandstrahl.

Von besonderer Wichtigkeit für meine Arbeit war die Tatsache, daß die ausgewählte Isothermeneinstellung

der A. GEERLING teilweise mit meiner übereinstimmte. So sind die erste und zweite Isotherme auch in ihrer Arbeit routinemäßig untersucht worden. Die durchschnittliche Temperaturdifferenz bei neun hier untersuchten Probanden von $1,7^{\circ}\text{C}$ zwischen Handinnenfläche und Fingerkuppen weicht nicht wesentlich von der Temperaturdifferenz von $2,03^{\circ}\text{C}$ ab, die A. GEERLING bei ihren Probanden gemessen hatte. Die neun untersuchten Personen waren zwischen 23 und 67 Jahre alt.

An der Handinnenfläche war der Handteller mit Daumen- und Kleinfingerballen eine konstante Wärmezone. Dieses stimmt mit den Beobachtungen der erwähnten Arbeiten überein.

Hingegen bestätigte sich die Feststellung von GROS et al. nicht, der eine konstante Wärmeabstrahlung der Fingerkuppen registrierte. Nur bei zwei Probanden waren die Fingerkuppen gleich warm wie die Handteller. Bei den übrigen sieben waren sie kälter.

Der Verlauf der oberflächlichen Venen auf dem Handrücken stellte sich regelmäßig als das intensivste Wärmeabstrahlungsareal dar. Außerdem sind auch die Fingerspitzen, mit Ausnahme eines Probanden, als umschriebene Wärmezonen zu sehen.



Abbildung 4.1
Das typische Übersichtsbild des
Handrückens. Die Venen und die
mittleren und distalen Finger-
glieder sind die wärmeren Areale.

5. DAS THERMOGRAMM DER KRANKEN HÄNDE

5.1 SUDECK'sche Dystrophie

5.1.1 Das Krankheitsbild

Ein ätiopathogenetisch ungeklärtes Krankheitsbild, relativ uniformer klinischer Ablauf bis zum Vollbild der Dystrophie.

Sehr häufig nach Traumen verschiedener Schweregrade, aber auch nach nicht traumatischer Gliedmaßenschädigung, oder ohne erkennbaren Grund treten kontinuierlich verlaufende Veränderungen der betroffenen Extremität auf, die alle Gewebe erfassen: Knochen, Muskeln, Bindegewebe und Haut. Die SUDECK'sche Einteilung in drei Phasen wird heute weitgehend nicht mehr angewandt wegen der kontinuierlichen Entwicklung der Krankheit. Im akuten Stadium ist immer ein kausalgieförmiger Schmerz vorhanden. Hand und Finger sind teigig geschwollen, die Haut ist seidig, glatt, glänzend, überwärmt, blaurot-zyanotisch. Meist klingt dieses Stadium in zwei bis drei Monaten ohne Funktionseinschränkungen ab.

Das chronische Stadium ist durch Atrophie der Muskulatur, der Haut und der Nägel gekennzeichnet. An den Knochen ist zuerst eine fleckenförmige Osteoporose erkennbar, die nachher in eine diffuse übergeht.

Die Thermographie könnte bei dieser höchstwahrscheinlich neurovasculären Erkrankung für die klinische Frühdiagnostik, wie auch die Verlaufskontrolle eine große Hilfe werden.

5.1.2 Thermographische Ergebnisse

13 Patienten wurden untersucht, alle mit der klinischen Diagnose: SUDECK'sche Dystrophie. Ausnahmslos konnte man eine Vorschädigung der Hände nachweisen. Bei zwei Patien-

ten war neben der SUDECK'schen Dystrophie Entzündung als zusätzliche Diagnose festzustellen. Dieses bedeutet, daß das thermographische Bild sicher entscheidend von dem entzündlichen Prozeß beeinflußt wurde. Diese Patienten werden separat besprochen.

Wie schon aus den Untersuchungen von GROS et al. (1968) und KOOB (1971) bekannt ist, wird das Bild des akuten Stadiums durch vermehrte Wärmeabgabe bestimmt, das des chronischen durch verminderte.

Bei 10 untersuchten Patienten bestand die Diagnose der SUDECK'schen Dystrophie lange, es handelte sich schon klinisch um das chronische Stadium. Die Temperaturdifferenz zwischen der erkrankten und nicht betroffenen Hand kam nicht regelmäßig vor, jedenfalls nicht im chronischen Stadium. Bei 8 von 10 Patienten bestand keine Temperaturdifferenz zwischen den Händen, bei dreien war die erkrankte Hand durchschnittlich um $0,8^{\circ}\text{C}$ kälter. Viel bedeutender ist die Messung der Temperaturdifferenz zwischen Handteller und Fingerspitzen. Sie lag bei allen Patienten über dem Durchschnitt der gesunden Person. Während die Differenz bei Erkrankten $4,3^{\circ}\text{C}$ betrug (Extremwerte $2,4^{\circ}\text{C}$ und 10°C), fanden wir bei den Gesunden nur durchschnittlich $1,7^{\circ}\text{C}$. Noch höher lag sie bei den Patienten, bei denen schon zwischen den Händen ein Gefälle bestand, nämlich $5,4^{\circ}\text{C}$.

Bei einem Patienten konnte die klinisch gestellte Diagnose nicht aufrecht erhalten werden. Vorausgegangen waren typische Veränderungen: Schmerzen, Schwellung und livide Haut. Thermographisch war weder eine Temperaturdifferenz zwischen den Händen vorhanden, noch war die Differenz zwischen erster und zweiter Isotherme pathologisch ($1,6^{\circ}\text{C}$). Die Verteilungsmuster der Isothermen waren auf beiden Händen gleich.



Abbildung 5.1
38-jähriger Patient mit
Symptomen einer SUDECK'schen
Dystrophie, vier Monate
nach einer Kreissägenver-
letzung der rechten Hand.
Handteller der verletzten
Hand ist um $1,5^{\circ}$ C kälter
als der der gesunden.

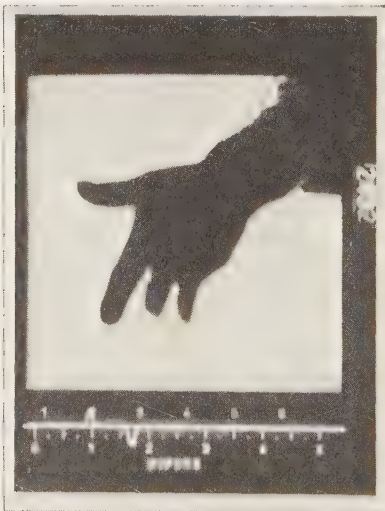


Abbildung 5.2
Die rechte Hand des selben
Patienten. Die zweite Iso-
therme ist auf die Finger-
stümpfe des 3. und 4. Fin-
gers eingestellt, der 5.
Finger ist amputiert. Die
Temperaturdifferenz zwi-
schen Handteller und Fin-
gerspitzen beträgt $4,8^{\circ}$ C.

Bei 10 Patienten konnte man die klinische Diagnose bestätigen, bei einem mußte der Verdacht auf SUDECK'sche Dystrophie verworfen werden.

Leider konnte ich keinen Patienten mit eindeutig akutem Stadium untersuchen. Zwar sind bei zweien, die in der Gruppe der Entzündungen eingeordnet wurden, auch Symptome einer akuten SUDECK'schen Dystrophie aufgetreten, aber das thermographische Bild ist durch die Entzündung entschieden beeinflußt worden, wobei die Hyperämie für beide Krankheitsbilder typisch wäre.

5.2 Entzündungen der Hand

Die 8 in dieser Gruppe eingeordneten Patienten bekamen meist nach Verletzungen verschiedener Art Infektionen und boten ein relativ einheitliches Bild. Da eine Entzündung mit Hyperämie einhergeht, ist der entzündliche Prozeß sehr gut thermographisch darstellbar. Im floriden Stadium ist meist die ganze Hand wärmer, am Anfang oder im Abklingen nur noch das betroffene Gebiet, das unmittelbar entzündet ist.

Hierdurch erklären sich die gemessenen Temperaturunterschiede. Bei 7 Patienten war die betroffene Hand wärmer als die andere, durchschnittlich um $2,3^{\circ}\text{C}$. Auch die Temperaturdifferenz zwischen Handteller und Fingerspitzen fiel mit $3,6^{\circ}\text{C}$ pathologisch aus.



Abbildung 5.3

Thermogramm eines 42-jährigen Patienten, bei dem nach einer Kreissägenverletzung der linken Hand eine Beugesehnenplantation vorgenommen wurde. Nach dem ersten Akt bekam der Patient eine Infektion. Der Handteller der linken Hand ist um $0,5^{\circ}\text{C}$ wärmer als der der rechten. Gleichzeitig klagte der Patient über Symptome, die auf eine SUDECK'sche Dystrophie hinwiesen.

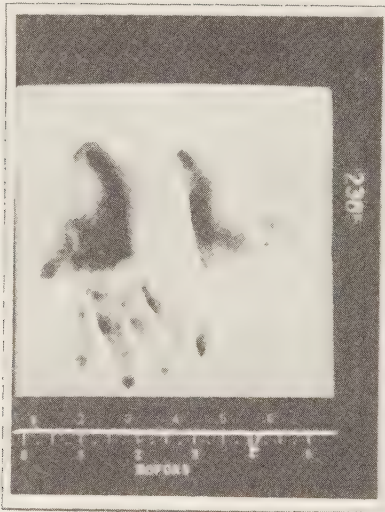


Abbildung 5.4

24 Tage später ist die Entzündung bei demselben Patienten abgeklungen, die Symptome der SUDECK'schen Dystrophie sind geblieben. Die Temperaturdifferenz zwischen Handteller und Fingerspitzen von 7°C ist sehr hoch, was für ein chronisches Stadium spricht.

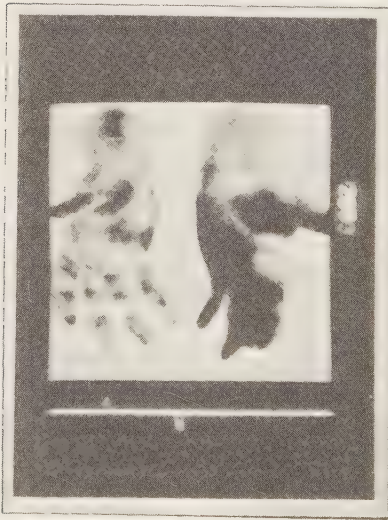


Abbildung 5.5

40-jähriger Patient mit deutlicher Überwärmung der infizierten linken Hand (die linke Hand ist um $0,8^{\circ}\text{C}$ wärmer als die rechte).

In einem Fall war die Entzündung klinisch schon beinahe abgeklungen. Es bestand kein Temperaturunterschied zwischen beiden Händen, die Differenz zwischen Handteller und Fingerspitzen von $0,6^{\circ}\text{C}$ entspricht durchaus den Normalwerten. Abweichend vom üblichen Temperaturverteilungsmuster stellte sich der entzündete 2. Finger wärmer als die übrigen dar.

Zu berichten ist außerdem über den Fall eines 44-jährigen Patienten, bei dem drei Tage nach Entfernung eines Ganglions am linken Daumenendglied starke Schmerzen auftraten. Wie sich herausstellte, war der Blutleerering vergessen worden. Elf Tage nach dessen Entfernung wurde die Hand thermographisch untersucht. Der Daumen war stark durchblutet, um $5,8^{\circ}\text{C}$ wärmer als die restlichen Finger. Zwei Monate später litt der Patient immer noch unter Zirkulationsstörungen und Schwellung des Daumens.

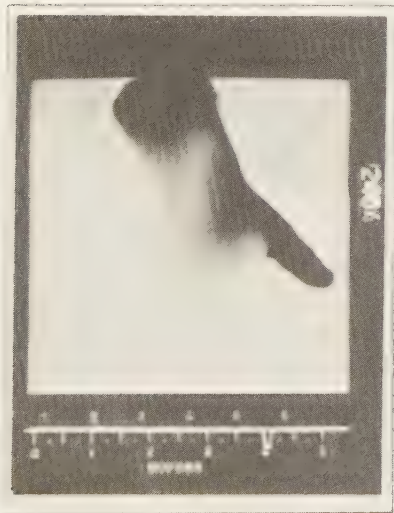


Abbildung 5.6

Das Thermogramm der Hohlhand des oben erwähnten Patienten. Der Daumen ist um $5,8^{\circ}\text{C}$ wärmer als die übrigen Finger.

Extreme Temperaturunterschiede wurden bei einer 69-jährigen Patientin gemessen, bei der Osteomyelitis des Metacarpale IV der rechten Hand seit 5 Jahren bekannt war. Die ganze Hand war um $3,5^{\circ}\text{C}$ wärmer als die andere, der Handrücken um $8,5^{\circ}\text{C}$ als die Fingerspitzen.

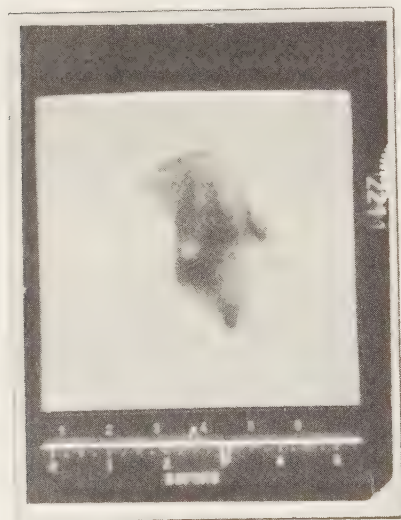


Abbildung 5.7

Bei der Patientin wurde der Handrücken thermographiert. Auf dem Bild sind nur der Bereich über dem Handgelenk und dem Metacarpus zu sehen, die um $8,5^{\circ}\text{C}$ wärmer als die Fingerspitzen sind. Der helle Punkt ist ein nässender Hautdefekt.

5.3 Nervenschädigungen

Periphere Nerven können durch verschiedene Ursachen geschädigt werden, wobei Tumoren, Verletzungen und Kompressionsneuropathien von primärem chirurgischen Interesse sind.

5.3.1 Verletzungen

Durch verschiedene Ursachen können Nerven geschädigt werden. Art und Ausmaß der Schädigung bestimmen die Notwendigkeit einer Therapie.

Bei Neuropraxie liegt eine lokale Entmyelinisierung vor; spontane Heilung ist zu erwarten, genauso bei Axonomesis, bei der Axone unterbrochen sind, das Stützgewebe aber intakt ist. Bei Neurotmesis liegt vollkommene Nervendurchtrennung vor, Eingreifen des Chirurgen ist hier notwendig.

Angesichts einer oft auftretenden Verminderung der Hauttemperatur nach Nervenläsionen, eignet sich die Thermographie als ergänzende Methode zur Feststellung der Funktionsausfälle peripher Nerven.

Bei den 10 untersuchten Patienten zeigten sich zur Zeit der Untersuchung neurologische Beschwerden unterschiedlicher Art. Diese reichten von der Parästhesie bis zu völligem Ausfall aller Funktionen im Versorgungsgebiet einzelner Nerven. Die Ursache der Störungen waren meist Verletzungen, in einem Falle ein Starkstromunfall.

Im einzelnen lassen sich die Nervenläsionen einteilen in 5 Ulnaris-, 3 Medianus- und eine Radialisverletzung, bei 2 Patienten waren gleichzeitig zwei Nerven betroffen. In allen Fällen konnte man eine Minderdurchblutung des Versorgungsgebietes feststellen. Die Temperaturdifferenz der erkrankten Hand von der ersten Isotherme des Handtellers bis zur Isotherme im betroffenen Gebiet betrug im Durchschnitt $2,5^{\circ}\text{C}$, und ist gegenüber der normalen Hand um $1,7^{\circ}\text{C}$ höher.

Dabei sind auch auf Aufnahmen von Patienten, bei denen die Temperaturdifferenz nicht für einen Ausfall des Nerven spricht, die kälteren Areale deutlich zu sehen.

Zwischen der Höhe der Temperaturdifferenz und dem Ausmaß des funktionellen Ausfalls war keine Korrelation festzustellen.

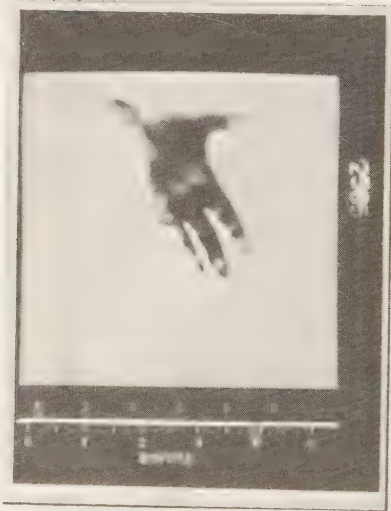


Abbildung 5.8

Linke Hand eines 30-jährigen Patienten nach Ulnarisdurchtrennung in der Höhe des Oberarmes. Die ulnare Handkante ist um $4,4^{\circ}\text{C}$ kälter als die restliche Hand.



Abbildung 5.9
Ähnliches Bild bei einem 36-jährigen Patienten, nach Ulnaris-durchtrennung links. Vasomotorische Störungen im Versorgungsgebiet des N. ulnaris, ulnare Handkante um $1,8^{\circ}\text{C}$ kälter als die übrige Hand.

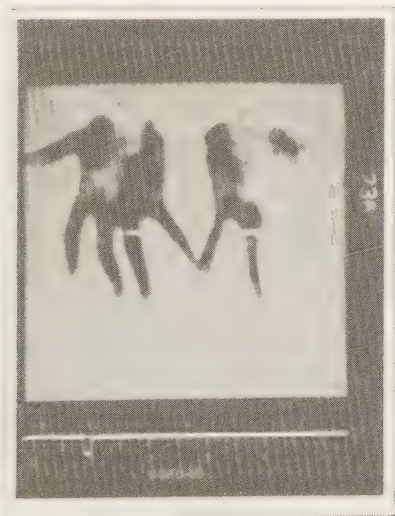


Abbildung 5.10
Schnittverletzung des linken Handgelenkes mit Durchtrennung des N. medianus. Der Zeigefinger ist um $4,8^{\circ}\text{C}$ kälter als der Hypotenar.

5.3.2 Kompressionsneuropathien - Carpaltunnelsyndrom

Das Carpaltunnelsyndrom ist charakterisiert durch nächtliche Parästhesien der drei radialen Finger. Im Verlauf der Krankheit treten objektive Ausfälle im Medianusgebiet auf, wie Tenaratrophie und Hyperästhesie. Diese können zur völligen Gebrauchsunfähigkeit der Hand führen.

GROS et al. (1968) untersuchten 3 Patienten mit Carpaltunnelsyndrom. Bei zweien fand man keine Abweichung gegenüber der normalen Temperaturverteilung, bei einem Patienten dagegen diffuse Überwärmung der ganzen Hand.

Die Ergebnisse von A. GEERLING 1975 waren ähnlich. Sie fand bei keinem von 4 untersuchten Patienten, trotz stark ausgeprägter klinischer Symptomatik eine Veränderung der Hauttemperatur der erkrankten Hand.

Bei der 34-jährigen Patientin, die hier untersucht wurde, konnte ein ganz normales Thermogramm der Hand festgestellt werden, ohne Hinweis auf irgendwelche trophische Störungen.

5.4 Tumoren

Bei den insgesamt 5 untersuchten Tumoren handelte es sich um 3 Hämangiome, 1 Fremdkörpergranulom und 1 spinozelluläres Karzinom.

Bei den Hämangiomen unterscheidet man im allgemeinen die capilläre und die kavernöse Form. Dabei liegen die ersteren entweder im Niveau der Haut oder sind als kleine Knötchen zu tasten. Die anderen sind große, mit Blut gefüllte Hohlräume, die infolge der Hyperplasie der Blutgefäße, ohne Endothelproliferation, entstehen.

Die chirurgische Behandlung beider Formen ist unterschiedlich. Auch thermographisch bestehen entscheidende Differenzen.

Bei allen 3 hier untersuchten Patienten fand sich die capilläre Form. Das Wärmebild der Hände wich nicht vom normalen ab. Lediglich war bei einer Patientin, bei der Hämangiome

beidseits palmar bestanden, eine auffällig hohe Temperaturdifferenz von $7,6^{\circ}\text{C}$ zwischen Handteller und Fingerspitzen gemessen worden.

Im Gegensatz zu diesem Ergebnis berichtet C.J. HUBER in seinem Bericht "La Thermographie et la main" (1975) über die ausgezeichnete Möglichkeit, durch thermographische Aufnahmen die Ausdehnung der Hämangiome und ihre Beziehung zu den Venen festzustellen. Sicher handelt es sich hier um Untersuchungen der kavernösen Form der Hämangiome.

Übereinstimmend mit den Untersuchungen von E. KOOB, R. SCHUH und A. GEERLING, konnte ich keine Änderung des Thermographiebildes durch ein Fremdkörpergranulom feststellen. Die Hand war aber insgesamt etwas wärmer als die andere, vielleicht als Reaktion auf den Fremdkörperreiz.

Dagegen ließ sich das spinozelluläre Karzinom sehr gut darstellen. Dieses war ein Rezidiv, eineinhalb Jahre nach der Entfernung des ersten Tumors. Die ganze Hand war schlechter durchblutet, die Tumorumgebung am 4. Fingergrundglied um 1°C kälter als die restliche Hand.

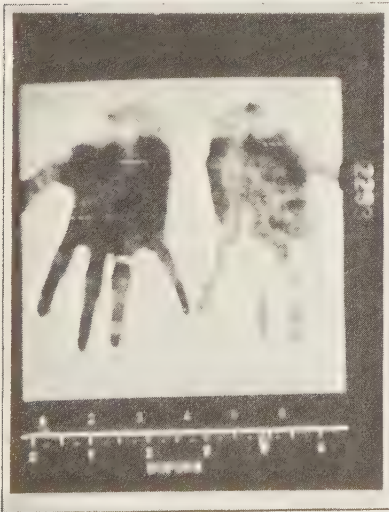


Abbildung 5.11

Die erkrankte linke Hand ist um $0,4^{\circ}\text{C}$ kälter als die rechte. Der Tumor und seine Umgebung heben sich als weißer Bezirk deutlich von der übrigen Hand ab (Temperaturdifferenz vom erkrankten Grundglied des 4. Fingers zum Handteller beträgt 1°C).

5.5 Sehnendurchtrennungen

Hier ergibt sich kaum eine Indikation zu einer thermographischen Untersuchung. Die 8 Patienten, die untersucht wurden, 6 mit Beugesehnendurchtrennungen, 2 mit Strecksehnendurchtrennungen, boten regelmäßig Minderdurchblutung der Finger- und Handareale, die durch die vorausgegangene Verletzung und den meist schon durchgeführten 1. Akt der Beugesehnentransplantation verursacht wurde.

Dabei betrug die Temperaturdifferenz an der verletzten Hand im Durchschnitt $2,3^{\circ}\text{C}$, und ist hiermit gegenüber dem Durchschnitt der gesunden Hände leicht erhöht.

Eine eventuelle Hilfe könnte auf diesem Gebiet die thermographische Untersuchung der Hände vor der operativen Wiederherstellung alter Sehnendurchtrennungen sein. Der Erfolg dieser Operationen hängt unter anderem von dem Zustand der Gefäß- und Nervenbündel ab, die sich thermographisch gut kontrollieren lassen.

5.6 Replantationen

Seit den ersten Versuchen von HALSTED im Jahre 1922, Finger und Hände zu replantieren, über den bedeutenden Schritt der Anwendung des Operationsmikroskops (JACOBSON und SUAREZ 1960), kann über große Fortschritte auf dem Gebiet der plastischen Chirurgie berichtet werden.

Für den Erfolg einer Replantation ist die Erfahrung des chirurgischen Teams und eine strenge Indikationsstellung von entscheidender Bedeutung. In seinem Bericht "Replantation of digits and hands" schreibt WEILAND (1970) von wechselnden Erfolgen zwischen 1970 und 1976.

So betrug z.B. 1974 die Erfolgsrate 26,8 %, 1976 dagegen 90 %. Diese Verbesserung führt WEILAND, neben der größeren Erfahrung in der Operationstechnik, hauptsächlich auf eine

strengere Auswahl der zu einer Replantation in Frage kommenden Patienten zurück.

Bei der Indikationsstellung muß vor allem sowohl die Art und das Alter der Amputation als auch das Alter des Patienten berücksichtigt werden.

Die häufigste postoperative Komplikation war eine Thrombose der anastomosierten Venen. Deswegen empfiehlt der Autor, auf jeden Fall für jede Arterie zwei Venen zu rekonstruieren.

Die thermographisch untersuchten 3 Patienten, bei denen Replantationen der Finger durchgeführt wurden, hatten ein Durchschnittsalter von 45 Jahren (38, 41, 57). Es handelte sich um zwei Daumen- und eine Mittelfingerreplantation. Die Operationen begannen 3 bis 5 1/2 Stunden nach der Amputation.

Bei dem 38-jährigen Patienten, dessen Mittelfinger replantiert wurde, zeigte sich am 11. postoperativen Tag auf der Aufnahme eine hyperämische Hand, der Mittelfinger war ebenso gut durchblutet, die Fingerspitze nur um 1° C kälter als der Handteller. Bei der Heilung traten keine Komplikationen auf.

Größere Komplikationen ergaben sich im Fall des 41-jährigen Patienten, dessen Daumen replantiert wurde. Sechs Stunden nach der Operation mußte aufgrund einer Venenthrombose eine Venenanastomose reseziert werden. Später kam noch eine Teilnekrose der Daumenspitze hinzu, die mit einem gestielten Thoraxlappen gedeckt wurde. Die thermographischen Aufnahmen wurden am 50. Tag nach der Replantation und 12 Tage nach der Hautlappendeckung gemacht. Die Temperaturdifferenz von 5° C, die am Handrücken gemessen wurde, war hoch, und gegenüber der Temperaturdifferenz bei den beiden anderen Patienten die höchste.

Die schlechtesten Voraussetzungen bestanden bei der Daumenreplantation des 57-jährigen Patienten. So lag bei ihm die Verletzung mit 5 1/2 Stunden am weitesten zurück. Es wurden nur eine Vene und eine Arterie rekonstruiert.

Die Aufnahmen wurden am 18. postoperativen Tag gemacht. Zwischen Handrückenvenen und der Daumenspitze wurden $2,5^{\circ}\text{C}$ Differenz gemessen. Dieses sprach für relativ gute Durchblutungsverhältnisse. Die Heilung verlief auch hier komplikationslos.

Die Erfahrung aus diesen drei Fällen läßt den Schluß zu, daß die Thermographie eine gute Methode zur Verlaufskontrolle der Heilung und Früherfassung von Komplikationen darstellen könnte.



Abbildung 5.12

Drei Bilder des 41-jährigen Patienten, 12 Tage nach der Hautlappendeckung der Teilnekrose am Daumen. 50 Tage vorher wurde die Replantation des Daumens durchgeführt. Die Daumenspitze wird auf der zweiten Isotherme sichtbar. Ihre Temperaturdifferenz zum Handteller beträgt $5,8^{\circ}\text{C}$.

5.7 Hautlappen

Die Durchblutung der Hautlappen ist eine der vitalen Fragen der plastischen Chirurgie. In vielen Arbeiten wird über verschiedene Methoden zur thermographischen Untersuchung der Vitalität der Hautlappen berichtet. Bis jetzt wurde aber keine der Methoden routinemäßig angewendet.

PATTERSON beschrieb 1970 an Hand von Tierversuchen die Möglichkeit, durch Thermographie die Blutversorgung der Hautareale, die als Lappen benutzt werden sollen, genau festzustellen. Dadurch wäre es z.B. möglich, die optimale Entnahmestelle für einen Stiellappen direkt am Operationstisch abzugrenzen.

M. ABBES, F. DEMAND und D. AUBANEL bestätigten 1974 die Beobachtung von BILLER, daß der Zeitpunkt der Lappendurchtrennung und -drehung durch thermographische Messungen festgelegt werden kann. Hierbei stellte sich heraus, daß man bei einer Temperaturdifferenz von weniger als 3° C zwischen proximalem und distalem Lappenende meist schon vor Ablauf einer Zeitspanne von 3 Wochen durchtrennen kann, ohne das Risiko zu erhöhen. Bei Lappen mit Temperaturdifferenzen zwischen 3° C und 6° C ist das Risiko erheblich größer.

Ähnliche Beobachtungen mit einer etwas anderen Untersuchungsmethode konnte 1974 M.E.J. HACKETT machen. Die Korrelation zwischen den gemessenen Temperaturdifferenzen an den Lappen und der erfolgreichen Übertragung war sehr groß. Außerdem konnte der Zeitpunkt der Durchtrennung sehr genau bestimmt werden.

Obwohl die Untersuchung der Hautlappen von großem Interesse für die Arbeit gewesen wäre, ergab sich während der praktischen Durchführung keine Gelegenheit zu gezielter und systematischer Beobachtung. Es wurden 2 Patienten mit Hautlappen untersucht, ohne daß eine Verlaufskontrolle möglich gewesen wäre.

Bei einem 75-jährigen Patienten trat im Bereich der Narbe eines 1974 operierten Basalioms ein Rezidiv auf. Zur Dekkung wurde ein Deltopectoralallappen vorbereitet. Am 7. Tag nach der Längsinzision erfolgte eine thermographische Aufnahme des Lappens. $1,3^{\circ}\text{C}$ Temperaturdifferenz zwischen der umgebenden Haut und dem Lappen selbst sprachen für gute Durchblutung. Dabei war die Versorgung prästernal besser als an der rechten Schulter.

Der zweite Patient, ein 21-jähriger Handwerker, erlitt durch einen Starkstromunfall Verbrennungen 3. Grades mit folgender Nekrose der rechten Hohlhand. Am Übersichtsbild, das 7 Tage nach dem Unfall angefertigt wurde, stellten sich nur Hohlhand und Grundgelenke des 3. und 4. Fingers dar. Die restliche Hand wies dagegen eine Temperaturdifferenz von mindestens 4°C auf. Am nächsten Tag wurde durch einen gestielten Lappen vom Fußrücken eine künstliche Syndaktilie des 3. und 4. Fingers vorgenommen. Der Lappen wurde 8 Tage später thermographisch untersucht. Die Differenz von 1°C zwischen dem proximalen und distalen Ende sprach für relativ gute Durchblutungsverhältnisse. Die Hohlhand war gegenüber dem distalen Lappenende um $4,2^{\circ}\text{C}$ wärmer. Dies alles würde, den allgemeinen Erfahrungen nach, für eine gute Prognose sprechen. Aus dem weiteren Krankheitsverlauf ist zu entnehmen, daß der Lappen komplikationslos angewachsen ist.

Trotzdem auf diesem Gebiet keine weiteren Erfahrungen mehr gemacht werden konnten, betrachte ich die Untersuchung der Hautlappen als eines der geeignetsten Aufgabengebiete der Thermographie.

6. DISKUSSION

Die Thermographie, als Untersuchungstechnik in der Medizin, befindet sich noch im Anfangsstadium. Hinsichtlich der optimalen Untersuchungsbedingungen, wie auch der Auswertung der Ergebnisse, liegen noch keine umfangreichen Erfahrungen vor. Die Publikationen über Thermographie spiegeln dieses Stadium weitgehend wieder, was Empfehlungen zur Untersuchungstechnik und Auswertung betrifft.

Da noch keine standardisierten Methoden angewendet werden, entschieden wir uns für die Untersuchungsbedingungen und den -ablauf, die uns am sinnvollsten und praktisch gut durchführbar erschienen. So wurden routinemäßig von der Handinnenfläche ein Übersichtsbild, schwarz-weiß, und zwei Isothermenbilder (erste Isotherme - Handteller, zweite Isotherme - Fingerspitzen) angefertigt.

Die Untersuchungen fanden im Tieferparterre statt, bei nahezu konstanter Temperatur von 18°C , im direkten Strahlengang, die Hände meist 1,2 m von der Kamera entfernt.

Insgesamt wurden 9 gesunde Patienten und 51 Patienten aus der handchirurgischen Sprechstunde untersucht.

Bei der Auswertung der Thermogramme der gesunden Hand verglich ich meine Ergebnisse vor allem mit den Ergebnissen der A. GEERLING, die eine umfassende Untersuchung der gesunden Hand (71 Patienten) unter ähnlichen Bedingungen durchführte. Bei unserer Untersuchungsgruppe betrug die Temperaturdifferenz zwischen Handinnenfläche und Fingerspitzen durchschnittlich $1,7^{\circ}\text{C}$, A. GEERLING stellte $2,03^{\circ}\text{C}$ fest. Das Thermogramm der gesunden Hand wurde als wichtiger Parameter bei der Auswertung der Thermogramme der kranken Hand angewendet.

Zu übereinstimmenden Beobachtungen kamen wir auch über die Temperaturverteilung an der Handinnenfläche. Handteller, Daumen- und Kleinfingerballen waren konstante Wärmezonen.

Außerdem konnte man die von GROS et al. (1968) beobachtete regelmäßig vermehrte Wärmeabstrahlung der Fingerspitzen nicht bestätigen, was wieder mit den Beobachtungen der A. GEERLING übereinstimmt. Weiter konnte man aus der schon erwähnten Arbeit entnehmen, daß die Handtemperatur großen individuellen Schwankungen unterliegt. So war die linke Hand bei 32,3 % der Patienten wärmer als die rechte; bei 15,4 % die rechte Hand wärmer als die linke. Bei 52,3 % bestand kein Unterschied zwischen den Händen.

Auf Grund dieser Tatsache entschied ich mich bei der Auswertung der kranken Hände, dem Thermogramm der gesunden Hand vor dem Thermogramm der zweiten Hand als Maßstab den Vorzug zu geben.

Die 51 Patienten aus der handchirurgischen Sprechstunde wurden in 7 Krankheitsbilder eingeteilt.

Mit der klinischen Diagnose der SUDECK'schen Dystrophie wurden 10 Patienten untersucht. Wie von GROS (1968) und KOOB (1971) schon festgestellt wurde, ist das akute Stadium durch vermehrte, das chronische durch verminderte Wärmeabgabe gekennzeichnet.

Bei 10 Patienten bestand das Beschwerdebild seit Monaten, es handelte sich um das chronische Stadium. Die Temperaturdifferenz von $4,3^{\circ}\text{C}$ zwischen Handteller und Fingerspitzen (Extremwerte $2,4^{\circ}\text{C}$ und 10°C) war gegenüber $1,7^{\circ}\text{C}$ der gesunden Hand deutlich höher.

Obwohl das Krankheitsbild hier unvollständig untersucht wurde, da keine Patienten im akuten Stadium zur Verfügung standen, ist sowohl nach meinen Beobachtungen als auch aus den Arbeiten von KOOB und GROS zu entnehmen, daß die T.eine geeignete Methode zur Früherkennung, wie auch für die Verlaufskontrolle sein könnte.

Die Entzündungen der Hand lassen sich thermographisch sehr gut darstellen. Die betroffene Hand war bei 7 von 8 Patienten wärmer als die andere, durchschnittlich um $2,3^{\circ}\text{C}$.

Das floride Stadium stellte sich als allgemeine Hyperämie der Hand dar. Bei Entzündungen im Anfangsstadium oder Abklingen war nur das betroffene Gebiet hyperämisch.

Wie alle Krankheitsbilder, die mit Überwärmung einhergehen, lassen sich Entzündungen der Hand thermographisch gut darstellen. Dieses wäre auch eine Untersuchungsmethode, die eine Früherfassung der Entzündung, z.B. postoperativ ermöglichen würde.

Die 10 thermographisch untersuchten Patienten mit Nervenläsionen wiesen klinisch unterschiedliche Symptome der Nervenschädigung auf. Thermographisch konnte man ausnahmslos vasomotorische Störungen feststellen. Zum Teil ließ sich genau umrissen das Versorgungsgebiet des verletzten Nerven als kalte Zone darstellen. Allerdings besteht keine eindeutige Korrelation zwischen dem Ausmaß des Funktionsausfalls der Nerven und der gemessenen Temperaturdifferenz. Zu ähnlichen Ergebnissen ist auch A. GEERLING bei ihrer Untersuchung gekommen.

Hinsichtlich der Tatsache, daß sich die Läsionen regelmäßig darstellen ließen, die Bilder auch wesentlich stärkere vasomotorische Störungen zeigten als aus der klinischen Symptomatik zu ersehen war, könnte man die Thermographie als ergänzende Methode zur diagnostischen Abklärung des Ausmaßes der Nervenschädigung verwenden.

Bei der Untersuchung eines Patienten mit einem Medianuskompressionssyndrom konnte ich die gleiche Beobachtung machen wie A. GEERLING. Im Gegenteil zu GROS et al.(1968), die eine diffuse Überwärmung der Hand beschrieben, entsprach bei diesem Patienten das Thermogramm dem einer gesunden Hand.

Im Gegensatz zu C.J. HUBER (1975), der thermographische Aufnahmen als ausgezeichnete Möglichkeit zur Darstellung der Hämangiome beschrieb, kam ich bei der Untersuchung dreier Patienten mit Hämangiomen zu dem Ergebnis, daß das Thermogramm der Hände dieser Patienten nichts Pathologisches bot.

Da es sich bei den von C.J. HUBER beschriebenen Hämangiomen um kavernöse handelt, in meiner Arbeit aber die capilläre Form untersucht wurde, erklärt dieses die unterschiedlichen Ergebnisse.

Übereinstimmend mit den Untersuchungen von E. KOOB, R.SCHUH und A. GEERLING, war keine Änderung des Thermogramms durch ein Fremdkörpergranulom festzustellen.

Im Gegensatz dazu stellte sich ein spinozelluläres Karzinom als Kältezone dar, die Tumorumgebung war um 1° C kälter als die restliche Hand, wobei sich die gesamte Hand außerdem kälter als die andere darstellte.

Bei der Tumordiagnostik müßte man differenziertere Untersuchungen durchführen, um eine Aussage über die diagnostische Anwendbarkeit der Thermographie machen zu können. Sicherlich bietet die Thermographie bei vielen Tumorarten keine diagnostische Hilfe. Auf der anderen Seite könnte man in speziellen Fällen sehr gut die Methode anwenden, die von C.J. HUBER in der Diagnostik der kavernösen Hämangiome beschrieben wurde.

Als ungeeignet kann man die Thermographie zur Untersuchung der Sehnendurchtrennungen betrachten.

Bei Replantationen läßt sich die Untersuchungsmethode gut zur Kontrolle des postoperativen Verlaufs benützen. Wie man aus dem Beispiel dreier untersuchter Patienten ansehen konnte, bestand ein Zusammenhang zwischen dem Temperaturgefälle der replantierten Finger gegenüber der restlichen Hand und dem späteren Verlauf der Heilung.

Auf dem Gebiet der thermographischen Untersuchungen der Hautlappen ist bisher relativ viel gearbeitet worden. Darüber bestehen schon zahlreiche Arbeiten, die verschiedene Untersuchungstechniken beschreiben. Sie kommen aber alle zu dem Ergebnis, daß man thermographisch die verschiedenen Zeitpunkte (z.B. der Lappendurchtrennung und -drehung) individueller und genauer bestimmen kann. Das Resultat sind Zeitgewinn

und vermehrte Sicherheit bei der Hautlappenübertragung.

Trotz geringer Eigenerfahrung mit der Untersuchung der Hautlappen (nur 3 Patienten wurden untersucht, außerdem zu verschiedenen Zeiten nach der Hautlappenübertragung), ist aus schon vorhandenen Arbeiten zu entnehmen, daß dieses eines der geeignetsten Aufgabengebiete der Thermographie sein könnte.

Aus der kurzen Übersicht der Untersuchungsergebnisse verschiedener Krankheitsbilder geht hervor, daß die Thermographie eine wertvolle Hilfsmethode zur Frühdiagnostik verschiedener entzündlicher Krankheiten werden könnte. Außerdem könnte auch die Verlaufskontrolle postoperativer oder entzündlicher Zustände und Krankheiten Aufgabengebiet der Thermographie werden. Für den Patienten ist sie eine einfache, nicht belastende Untersuchungsmethode.

Mit wachsenden Erfahrungen auf dem Gebiet der Thermographie in der Handchirurgie werden die Untersuchungsbedingungen optimiert, die Auswertung der Ergebnisse aussagekräftiger.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Die Infrarot-Kamera wird seit 1954 in der Medizin benutzt. Auf dem Gebiet der Diagnostik von Mammatumoren wird sie heute schon in vielen Kliniken routinemäßig eingesetzt. In der Handchirurgie wurden zahlreiche Untersuchungen durchgeführt, um diese relativ einfache und vor allem für den Patienten durch keine belastenden Nebenwirkungen gekennzeichnete Methode diagnostisch anzuwenden. Trotzdem befindet sich die Entwicklung noch im Anfangsstadium.

In dieser Arbeit wurde versucht, an Hand 51 untersuchter Patienten mit sieben Diagnosen aus der handchirurgischen Sprechstunde und 9 gesunder Personen, die diagnostischen Möglichkeiten der Thermographie aufzuzeigen.

Die Einleitung der Arbeit behandelte die Temperaturregulation des Menschen, das geschichtliche Interesse der Medizin für diesen Gesundheitsparameter und die physikalischen Eigenschaften der menschlichen Haut. Es folgte ein Abriß der Entwicklung der Infrarot-Kamera als Meßinstrument der menschlichen Oberflächentemperatur und eine Beschreibung der zu dieser Arbeit verwendeten Bofors-Infrarot-Kamera.

Weitere Abschnitte waren:

Beschreibung der Untersuchungstechnik und des -ablaufs.

Das Thermogramm der gesunden Hand (9 Personen wurden untersucht).

Einteilung der Patienten nach ihren Krankheitsbildern.

Anwendung der Thermographie bei folgenden Krankheitsbildern: SUDECK'sche Dystrophie, Entzündungen, Nervenschädigungen, Tumoren, Sehnendurchtrennungen, Replantationen und Hautlappen.

Aus den Untersuchungsergebnissen ist zu entnehmen, daß die Thermographie eine geeignete Hilfsmethode ist zur Diagnostik entzündlicher und vasomotorischer Veränderungen, besonders gut geeignet zur Frühdiagnostik und postoperativen Verlaufskontrolle.

Dagegen lassen sich degenerative Veränderungen thermographisch nicht darstellen.

Es wäre wünschenswert, durch weitere Untersuchungen eingehende Erfahrungen zu sammeln, die Vorzüge dieser Methode weiter auszuarbeiten, und sie dann durch Verbesserung der Geräte und Anwendungstechnik in die klinische Diagnostik einzuführen.

LITERATURVERZEICHNIS

- AARTS, N.J. M.: Medische Thermographie. Proefschrift. Drukerij Henri Bergmans N.V., Tilburg. 1969 -
- ABBES M. et al.: Value of thermography in the study of skin, grafts and flaps; Annales de Chirurgie Plastique 19, 325-334, (1974)
- BERGER A.: Aussprache zu: Thermographie zur Prüfung der Vitalität von Hautlappen; Chir.Plast. Reconstr. 8, 31, (1970)
- BILLER: Pedicled flaps. An experimental and clinical study. Laryngoscope 32, 1832-1852, (1972)
- BOWLING-BARNES R.: The early history of thermography; Medical thermography, theory and clinical applications, A Brentwood Publishing Corporation Publication, 1972
- COOKE, E.D.: Thermography in Great Britain - Deep vein thrombosis; Medical thermography, theory and clinical applications, A. Brentwood Publishing Corporation, 1972
- CORRELL, James W. et al.: Postoperative thermography in carotid occlusive disease; Medical thermography, theory and clinical applications, A Brentwood Publishing Corporation 1972
- GANONG: Lehrbuch der medizinischen Physiologie; Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1974
- GAUTHERIE M.: The logic and perspective of thermography; Bibliotheca Radiologica, 6, 255-262, (1975)
- GELDMACHER J.: Offene Handverletzungen; in "Indikation zur Operation", Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1974
- GEERLING A.: Das Thermogramm der gesunden und der kranken Hand, Dissertationsarbeit, Klinikum Essen der Gesamthochschule Essen, 1975

- GERSHON-COHEN, J. and BARNES, R.B.: Thermography, Röntgen, 1, 12, (1965)
- GROS Ch. und BOURJAT P.: Anwendungsmöglichkeiten der Thermographie; Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen, 106, 561-567, (1967)
- GROS, Ch. J.M. BUTZ, P. DALADOUIRE, Y. DIRHEIMER, M. GILLIOT, S. SINGER, Y. WAILLE et P. BOURJAT: Thermographie des affections rhumatismales de la main et du poignet. Rhumatologie 20, 51-64, (1968)
- HACKETT M.E.J.: The use of thermography in the assessment of depth of burn and blood supply of flaps, with preliminary reports on its use in Dupuytren's contracture and treatment of varicose ulcers, 27, 311-317, (1974)
- HARDY, J.D.: Summary review of the influence of the thermal radiation on human skin. US. Naval Air Station Dev. Center Report. NADAC-MA-5415, Johnsonville, 1954
- HENSEL H.: Temperaturregulation, aus KEIDEL: Lehrbuch der Physiologie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1973
- HOPPE W. und GEIDEL H.: Das nichttraumatische SUDECK-Syndrom; Zeitschrift für ärztliche Fortbildung (Jena); 23, 1102-6, (1977)
- HUBER C.J.: Hand and thermography; Annales de Chirurgie, 29, 1025-1033, (1975)
- ISARD, Harold J.: Breast thermography - The mammatherm; Medical thermography, theory and clinical applications, A Brentwood Publishing Corporation, 1972
- KOEB E.: Infrarotthermographische Befunde in der Handchirurgie; Handchirurgie 4, 123-26, (1972)
- LLOYD WILLIAMS, K.: Pictorial heat scanning. Physics in Med. a. Biology 9, 433-456, (1964)

- MŁADICK, R., N. GEORGIADÉ, and F. THORNE: A clinical evaluation of the use of thermography in determining degree of burn injury. *Plast. reconstr. Surg.* 38, 512-518, (1966)
- PATTERSON T.J.S.: Thermographie zur Prüfung der Vitalität von Hautlappen; *Chir.Plast.Reconstr.* 8, 21-25, (1970)
- PITZEN, Peter u. RÖSSLER, Helmuth: Kurzgefaßtes Lehrbuch der Orthopädie, Urban und Schwarzenberg-Verlag, München, Berlin, Wien, 1976
- POOL, O., Darrel: The basic physics of clinical thermography; Medical thermography; Theory and clinical Applications, A Brentwood Publishing Corporation Publication, 1972
- TAMAI, Susumu et al.: Microvascular anastomosis and its applications on the replantation of amputated digits and hands; *Clinical Orthopaedics and Related Research*; 133, 106-122, (1978)
- WALLACE, J.D.: Thermography in ischemia. *Radiol. Clin. N.Amer.*, 5, 505-513, (1967)
- WEILAND A.J. et al.: Replantation of digits and hands: Analysis of surgical techniques and functional results in 71 patients with 86 replantations; *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 133, 195-205, (1978)

Herrn Professor Dr.med.J.Geldmacher danke ich für
die Überlassung des Themas und seine Hilfe bei
dieser Arbeit.

Für ihre Betreuung und Beratung danke ich den Herren
Dr.med.B.Lentzen und Dr.med.H.J.Schmid.

LEBENS LAUF

Simona Vogtmann, geb. Cvijetić

Eltern Ruza Cvijetic und Vojo Cvijetic

Geboren am 28.02.1954 in Zagreb (Jugoslawien)

1960-1968 Grundschule in Bihac und Sibenik

1968-1972 Gymnasium in Sibenik

1972-1973 zwei Semester und Vorphysikum an der medizinischen Fakultät Beograd

Im Herbst 1973 lernte ich meinen Mann kennen und zog nach Deutschland um

Im WS 1973/74 Sprachkurse am Europa-Kolleg Kassel und an der Universität Erlangen, anschließend Sprachprüfung

SS 1974 Wiederaufnahme des Studiums an der Universität Marburg

Im Sommer 1975 Physikum in Marburg

WS 1975/76, sowie SS 1976 in Marburg, anschließend erster Abschnitt des Staatsexamens im Sommer 1976

Heirat am 15.4.1976 mit Joachim Vogtmann, Student an der Kunsthochschule Kassel (Graphic Design)

Zum WS 1976/77 Umzug nach Erlangen

WS 1976/77 bis einschließlich SS 1978 Student der Universität Erlangen

Im Sommer 1978 zweiter Abschnitt des Staatsexamens

Seit 5.10.1978 im praktischen Jahr

Simona Cvijetić

